محاضرة رقم 10	
الكلية	التربية للبنات
القسم	جغرافية
المادة باللغة الانجليزية	Geomorphology
المادة باللغة العربية	جيومورفولوجي
المرحلة	ثانية
اسم التدريسي	اوراد عماد شهاب حمد
عنوان المحاضرة باللغة الانجليزية	Rock weakness factors
عنوان المحاضرة باللغة العربية	عوامل الضعف الصخري
رقم المحاضرة	10
المصادر والمراجع	حسن رمضان سلامة (٢٠٠٤) أصول الجيومورفولوجيا, دار المسيرة, عمان, الأردن
	جوده حسنين جوده (١٩٩٧): الجيومورفولوجيا، دار المعرفة، الإسكندرية, مصر.
	وفيق الخشاب وآخرون (١٩٧٨) علم الجيومورفولوجيا، الجزء الأول، بغداد, العراق.

محتوى المحاضرة

عوامل الضعف الصخري:

يمكن تصنيف الصخور الى ضعيفة Soft rocks مثل الطباشير والطين والحجر الرملي – وصخور صلبة Resistant \ Hard rocks مثل صخر الجرانيت والبازلت والصوان. ويعتمد هذا التصنيف على مدى قابلية الصخور للتجوية وعمليات الخدش او الحت والهدم المختلفة. وتعتبر الصخور سريعة التحلل والتفكك والحت صخور ضعيفة, في حين توصف الصخور التي تقاوم هذه العمليات وتحافظ على الوضع الاصلي لاشكالها الارضية لاطول فترة زمنية ممكنة بالصخور الصلبة. وقد يكون الصخر ضعيفا او صلبا في الاصل بسبب خصائصة الطبيعية او الكيماوية, كما قد يتعرض الصخر

للاضعاف او التصلب بسبب الظروف البيئية او العوامل الجيومورفولوجية المؤثرة. لذا, يمكن التمييز بين ثلاث مجموعات من عوامل الضعف الصخري:

اولاً: مظاهر الضعف النوعي:

وهي التي تنشاء مع الصخر نفسة نتيجة لطريقة او ظروف تكوينة. بحيث يمكن ان يرث الصخر ضعفة بسبب نوعية المعادن التي يتكون منها, ودرجة تبلورها او قوامها Texture او مساميتها Porosity او لونها, او بسبب وجود مواد لاحمة Cementing material تعمل على تجميع الحبيبات المعدنية وتكتلها، وفيما يلي اهم الخصائص المحددة للضعف النوعي للصخر:

١ – التركيب الكيماوي:

يلعب التركيب الكيماوي للصخر دور مهم في صلابته او ضعفه من خلال نسب المعادن والعناصر كيماوية المكونه له, ويمكن تحديد ذلك حسب مقياس موه للصلابة Mohs scale of hardness، ويعتبر الماس في هذا المقياس اقسى انواع المعادن في حين تمثل معادن الجبس والكلس ادنى درجات الصلابة. كما تعتبر معادن الاوليفين والبلاجيوكليز الجيري والاوجايت اقل المعدان مقاومة لهذه العمليات. وعليه, فان صلابة أي صخر او ضعفه تعتمد بالدرجة الاولى على نوعية المعادن والعناصر المكونة له. اذ يمكن ان يصبح الصخر ضعيفا بسبب احتوائه على نسب مرتفعه من المعادن الضعيفة اصلا, والعكس صحيح. فصخر الجرانيت على سبيل المثال, الغني بمعدني الكوارتز والمسكوفايت يعتبر اكثر صلابة ومقاومة للتجوية من جرانيت اخر او صخر اخر, كالجابرو الذي تقل فيه نسبة وجود هذين المعدنين.

٢ – التبلور والقوام:

تعتبر عملية التبلور احدى الطرق التي تعمل على تكون الصخور خاصة من نوع الماجما Magma والتي تتم عادة مع انخفاض درجة الحرارة وانطلاق الغازات منها. وتختلف درجة تبلور المعادن حسب سرعة تبريد الماجما وتصلبها والتي تعتمد على نوع المعادن المكونة والاعماق التي تنتشر فيها. كما ان الاجزاء العليا من الماجما يمكن ان تتبلور خلال ايام او سنوات معدودة في حين تحتاج الاجزاء العميقة جدا الى الاف و ملايين السنين. ويزداد قوام الصخر خشونة مع زيادة درجة تبلور المعادن, في حين يصبح

القوام زجاجيا Glassy / Fine او ناعما في حالة ازدياد سرعة التبريد والتصلب بحيث يمتنع معها حدوث التبلور او التحبب. وتتخذ البلورات المعدنية عدة اشكال, منها: النظام المكعب والسداسي والرباعي. وان انتظام ترتيب هذه البلورات ودرجة تداخلها او انضغاطها واندماجها والتحامها وتجانسها يحدد مدى انتشار مراكز الضعف في الصخر. وقد يطغى تاثير درجة وطبيعة التبلور والقوام للمعادن المكونة للصخر على فعل تركيبه الكيماوي.

٣- المسامية والنفاذية:

المسامية Prosity هي نسبة حجم الفراغات الموجودة في الصخر الى حجمه الكلي, والنفاذية Permeability هي معدل تسرب الماء عبر الفراغات الصخرية في وحدة زمنية معينة. وتختلف الصخور والتجمعات الرسوبية في كل من مساميتها ونفاذيتها. فالصخور الرملية والجيرية اقل مسامية من الصخور الطينية, ولكنها اعلى نفاذية, مما يظهر ان العلاقة بين هاتين الخاصيتين قد تكون عكسية احيانا. وتتضح اهمية كل من المسامية والنفاذية في تسهيل مرور الماء سواء الباطني او السطحي, عبر الفراغات الصخرية – والذي يعمل على اضعاف الصخر عن طريق اذابة المواد اللاحمة او بفعل الضغط الناتج عن زيادة الحجم بالتجمد او بتبلور الاملاح المذابة, او ما يؤدي اليه من تشقق وانتفاخ في التكوينات الطينية اثر تعرضها للتجفف والترطيب. او تمهد لتصعيد الخاصية الشعرية, وتراكم الاملاح على السطح وتكوين قشرات صلبة Duricrusts تعمل على عزل الصخر عن تلك العمليات.

١-المادة اللاحمة:

تنتج الصخور الرسوبية عن التحام او التصاق الرواسب المختلفة مما يؤدي الى تحجرها او تصخرها Lithification بفعل المواد اللاحمة Cementing material. ومن المواد اللاحمة الكوارتز والكلس والتكوينات الحديدية مثل الهيماثايت والتورجايت والليمونايت, بالاضافة الى تكوينات الباريوم كسلفات الباريوم وسلفات الكالسيوم وسلفات السترنتيوم وفلوريد الكالسيوم. وتنتج هذه المواد عن ذوبان المعادن المكونة للصخور نفسها خاصة عند زواياها وسطوحها الخارجية, والتي ينقلها الماء

المتسرب عبر الفراغات الهوائية الموجودة في الصخر. ويعتمد تركيز المواد اللاحمة في الماء المتسرب على درجة حرارته ومعدل حموضته PH وتكوينه الكيماوي. وتقدر كمية المواد الصخرية التي يفقدها كل ميل مربع من سطح الارض عن طريق الاذابة بنحو ٩٥ طنا سنوياً، تشكل منها كربونات الكالسيوم ٥٠ طنا , وسلفات الكالسيوم ٢٠ طنا والسيلكا سبعة اطنان وكلوريد الصوديوم ثمانية اطنان . كذلك يمكن ان يزود الماء الباطني الرواسب بالمادة اللاحمة مع المحافظة على اشكالها الاصلية كما هو الحال في القشرات الصلبة, مثل القشرات السيليكية Silcretes والحديدية Ferricretes والكلسية Calcretes.

ويتم تحجر الرواسب بفعل المواد اللاحمة عن طريق التجفف او الانضغاط اللذان يعملان على تحرر الرواسب من الماء وتناقص حجم الفراغات الصخرية باقتراب حبيبات الصخر والمعدن من بعضها البعض. وقد لا يتم تصلب الرواسب الا بعد ان يتناقص حجم الفراغات الصخرية فيها بنسبة ٧٥%. وتعتمد درجة تصلب او ضعف الصخور الرسوبية على التكوين الكيماوي للمواد اللاحمة نفسها، فالكوارتز والمسكوفايت والزركون على سبيل المثال, تعتبر من المواد اللاحمة المقاومة للتحلل الكيماوي, ويتم تزويد الرواسب بها بعد ان تتحرر وتنقل للماء اثر تحلل الصخور او المعادن المحيطة بها, وذلك على العكس من كربونات الكالسيوم سهلة التحلل. وطبيعي ان تنعكس صلابة المواد اللاحمة على صلابة الصخور المكونة لها. فكثير من انواع الصخور يستمد صلابته او ضعفه من خصائص هذه المواد. فاذا ما تاثرت المواد اللاحمة بالتحلل سرعان ما ينفرط الصخر الى حبيبات متفككة, كما هو الحال بالنسبة للرمال الناتجة عن انفراط الصخر الرملي والجروس Gruss الناتج عن انفراط صخر الجرانيت. كذلك, قد تكون المادة اللاحمة اقسى من الصخر نفسه وفي هذه الحالة يتم تحلل الصخر وتبقى المادة اللاحمة على شكل عروق او شبكة معدنية تفصل بين فجوات او حفر متفاوتة الاحجام.

٢-لون المعادن:

تختلف المعادن المكونة للصخور من حيث اللون. وتبرز اهمية لون المعادن في تحديد مدى تاثرها باشعة الشمس. ومن ثم معدل تمددها وتقلصها. فالصخور داكنة اللون,

كالبازلت والجابرو تسخن بسرعة مما يعمل على تمدد معادنها وانضغاطها, في حين تعتبر الصخور فاتحة اللون مثل الطباشير والحجر الجيري قليلة التاثر بالاشعاع الشمسي. وتعتبر الصخور النارية الحمضية فاتحة اللون, كالجرانيت اكثر مقاومة لعمليات التجوية من الصخور النارية القاعدية داكنة اللون , مثل البيوتايت والاوليفين .

ثانياً: مظاهر الضعف المكتسبة:

وهي التي تزيد او تنقص من ضعف الصخر نتيجة اتصالة بالظروف البيئية المحيطة بة بعد تشكيلة. وتتمثل هذه المظاهر بوجود المفاصل والشقوق وسطوح الطبقات الصخرية واختلاف سمكها وانحدارها واهمها:

١- **المفاصل: Joints**

وهي عبارة عن شقوق هندسية تمتاز بوجود زحزحة سطحية محدودة بين اجزاء الصخر, وهي بذلك تختلف عن الشقوق العادية Cracks التي تمتد بشكل عشوائي, وعن الصدوع Faults التي تتزحزح عندها الطبقات الصخرية حتى اعماق بعيدة. وتسمى الكتل الصخرية التي تحيط بها المفاصل بالكتل المفصلية Joint blocks ويعتمد تباعدها على ابعاد المفاصل نفسها. وتختلف المفاصل في اشكالها وابعادها، فمنها ما يكون قصيرا او طويلا, مستقيما او منحنيا, منتظما او غير منتظم, مما يسمح بتمييزها الى مجموعات مفصلية Joint sets يرتبط كل منها بعوامل تكوين معينة. وترتبط نشاة المفاصل بقوى الانضغاط Compression والتوتر Tension التي ترافق الحركات التكتونية او التبريد والتقلص او التمدد بفعل التغيرات الكيماوية وينتج عنها مفاصل مائلة Diagonal joints , او مفاصل سداسية الشكل Hexagonal columnar joints , او متعارضة Transverse كما تؤدي ازالة الضغط بفعل الحت المائي الى تكوين مفاصل صفائحية الشكل Sheet joints تمتد بصور موازية لسطح الارض , وتجزء الصخر الى كتل صفائحية مسطحة , كما يحصل في الصخور النارية كالجرانيت. ومثل هذه النوع من المفاصل يشبه سطوح الانفصال الطبقي Bedding planes الموجودة عادة في الصخور الرسوبية.

وتمتازالمفاصل عموما بحداثة تكوينها بالنسبة للصخر الام, وعدم استمرارها، ومع انتهاء المفاصل في اتجاه معين, يبدا مفصل اخر في نفس الاتجاه او في اتجاهات اخرى

وقد تنتهي المفاصل في الطبقة التالية. وتعتبر المفاصل صغيرة اذا تراوح بعدها الافقي ما بين ٠.١ – ١ مترا , او كبيرة اذ بلغ طولها ١ – ١٠ امتار , او ضخمة اذا تراوح طولها ما بين ١٠ – ١٠٠ مترا اما اتساعها فيختلف من مكان الى اخر , ولكنه يتناقص مع العمق , في حين تبلغ اقصى اتساع لها عند سطح الصخر. ويمكن للمفاصل ان تحافظ على فتحاتها لمدة طويلة حتى لو تم تغطيتها بالرواسب. وتكمن اهمية المفاصل في كثرة انتشارها. ومعظم سطح الارض يحتوي على مفاصل. كما ان معظم الاشكال الارضية ترتبط بنظام المفاصل. اذ تقوم بدور هام في تطوير الاشكال الارضية خاصة في صخور الجرانيت (كاشكال الجلاميد والانسلبرج والحجارة القلبية Core stones) والحجر الرملي والحجر الجيري. كما تجذب اليها العمليات الجيومورفولوجية من تجوية وحت او ترسيب. وتعمل كاقنية للماء المتسرب قائمة بعمل المسامات الصخرية من حيث تحليل الصخر كيماويا او تفتيتة ميكانيكيا في حالة تجمد الماء وتكون الصقيع, كذلك, يمكن ان تتجمع فيها المحاليل الكيماوية التي تحتوي على نسبة عالية من بعض المعادن مما يساهم في تكوين عروق معدنية Mineral viens تقاوم عمليات الحت

٢– الشقوق:

يعني التشقق Fissility/cleavage قابلية المعدن للتشقق والانقسام باتجاهات متوازية , او البناء الذي تتمكن الصخور بواسطتة من الانفصال على طول اسطح متوازية معينة تحولها الى رقائق صخرية منفصلة, ويستعمل تعبير الصفائحية او الشيستية Schistosity في وصف تشقق الصخور المتحولة خشنة التحبب, نسبة الى صخر الشيست المتحول متوسط او خشن القوام والذي يتم فية ترتيب حبيبات المعدن بشكل متوازي. وتقاس المسافة بين سطوح التشقق بالمليمترات او السنتيمترات، اما اذا زادت المسافة عن بعضة سنتيمترات فيستعمل في وصفها تعبير المفاصل, في حين اذا رافق ذلك حدوث زحزحة صخرية عميقة فانها تتحول الى صدوع. ويمكن ان تنتج هذه الشقوق عن عمليات الجز sheeting او strain التي ترافق النشلطات التكونية كالالتواءات , او التقلص الناتج عن تبريد اللافا وما يؤدي الية من ضغوط, او نتيجة لتكرر عملية التبلور والتحولات الكيماوية. وتشترك الشقوق مع المفاصل في اضعاف الصخر وذلك من

خلال تصعيد عمليات التجوية والهدم المختلفة فيها. كما تساهم في تكوين بعض الاشكال الارضية المميزة على هيئة نصال parting slabs يفصل فيما بينها اودية او صدوع يطلق عليها تسمية الحجارة الناسكة Monk–stones او الحجارة الهائمة (الصخور المعزولة) penitent rocks او شواهد الاضرحة Tomb stones. وتسمى الطبوغرافيا التي تشمل على هذه الاشكال بالطبوغرافيا القوامية Textured relief او طبغرافية الاشكال الهائمة Gefuge relief.

٣ – سطوح التطبق: Bedding planes

تمثل سطوح التطبيق اماكن اتصال الطبقات المتتابعة فوق بعضها في الصخور المختلفة خاصة الرسوبية منها. وتفصل سطوح التطبق عادة بين طبقات صخرية يرتبط كا منها بظروف جيولوجية ومناخية خاصة. فقد تتوضع طبقات صخرية تختلف من حيث العمر الجيولوجي، كان تتبع تكوينات زمن ما قبل الكمبري فالأول، فالثاني، وانتهاء بتكوينات الزمن الرباعي, حسب ما توضحه المقاطع الجيولوجية للمناطق المختلفة. وقد تنتمي الطبقات الصخرية إلى تكوينات جيولوجية مختلفة من حيث نوعية الصخر, كما هو الحال في تكوين أراضي البادلاندز Bad Lands فوق التكوينات الجيرية والتكوينات الرملية. وفي جميع الحالات, فان طبيعة تتابع الطبقات الصخرية وسطوح تطبقها تعكس سطوحا مناخية وجيولوجية مرتبطة بها, كما تترك أثارها فيما يتعلق بالضعف الصخري.